

# Ge シード技術によるガラス上 GaAs 膜の粒径制御と高分光感度実証

## High photoresponsivity in grain-size-controlled GaAs layers formed on glass using Ge seed layers

<sup>1</sup>筑波大院 数理解物質, <sup>2</sup>学振特別研究員: °西田竹志<sup>1,2</sup>, 末益崇<sup>1</sup>, 都甲薫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>JSPS Research Fellow: T. Nishida<sup>1,2</sup>, T. Suemasu<sup>1</sup>, and K. Toko<sup>1</sup>

E-Mail: take.nishida24@gmail.com

**【はじめに】** 高効率太陽電池の低コスト化に向け、安価な基板の上に GaAs 薄膜を高品質形成する研究が古くから行われてきた。我々はこれまでに、ガラス上に形成した大粒径 Ge 薄膜上に GaAs を成長し、ガラス上合成膜として分光感度を初めて実証した<sup>[1,2]</sup>。本研究では、固相成長 (SPC: Solid-phase Crystallization) 法<sup>[3]</sup>および Al 誘起成長 (AIC: Al-induced Crystallization) 法<sup>[4]</sup>により形成した Ge シード層を用いて多結晶 GaAs 薄膜の粒径を広範囲 (1–330  $\mu\text{m}$ ) に制御し、多結晶 GaAs 膜の粒径と分光感度特性の関係を初めて実験的に明らかにした。

**【実験方法】** SPC 法および AIC 法により、様々な結晶粒径を持つ Ge シード層を石英ガラス基板上に作製した (Fig. 1)。SPC-Ge (Group A–C) では、不純物ドーピング (A: undoped, B: Sb-doped, C: As-doped) および熱処理温度 (375–450  $^{\circ}\text{C}$ )<sup>[3]</sup>、AIC-Ge (Group D) では、 $\text{AlO}_x$  界面膜厚 (大気暴露時間 1–10 min) を変調することで結晶粒径を制御した<sup>[4]</sup>。その後、各 Ge 上に基板温度 550  $^{\circ}\text{C}$  で GaAs 層 (500 nm 厚) を MBE 成長した。

**【結果・考察】** ラマン分光測定を行ったところ、全ての試料において GaAs の結晶化が確認された (Fig. 2(a))。さらに、FWHM は Ge シード粒径の増加とともに減少し、結晶性の向上が示唆された (Fig. 2(b))。SEM 像から、SPC-Ge 上の試料 (Group A–C) では、結晶方位を反映したチャネリングコントラストが確認された (Fig. 3(a)–(d))。EBSD 測定の結果、SPC-Ge 上の試料 (Group A–C) はランダム配向している一方で、AIC-Ge 上の試料 (Group D) は (111) 配向している (Fig. 3(e)–(h))。また、粒マップから GaAs は Ge シード層の結晶粒径を完璧に引き継いでいることが判る (Fig. 3(i)–(l))<sup>[5]</sup>。これらは、各々の Ge シード層の方位・粒マップに酷似しており<sup>[3,4]</sup>、GaAs がエピタキシャル成長したことが判る。分光感度は Ge シード層の粒径に大きく依存した (Fig. 4(a))。これらの結果を GaAs 結晶粒径の関数としてまとめた (Fig. 4(b))。分光感度は結晶粒径の増大に伴い向上し、粒径 330  $\mu\text{m}$  においてガラス基板上に合成した GaAs 膜の最高値 (3.0  $\text{A W}^{-1}$ ) を達成した。

以上より、多結晶 GaAs 薄膜における結晶粒径と光学特性の相関を実験的に明らかにし、単結晶 GaAs に匹敵する分光感度をもつ擬似単結晶 GaAs 膜をガラス上合成した。

[1] T. Nishida *et al.*, Appl. Phys. Lett. **114**, 142103 (2019). [2] T. Nishida *et al.*, AIP Adv. **10**, 015153 (2020). [3] K. Toko *et al.*, Sci. Rep. **7**, 16981 (2017). [4] K. Toko *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **53**, 373002 (2020). [5] T. Nishida *et al.*, Sci. Rep. **11**, 10159 (2021).

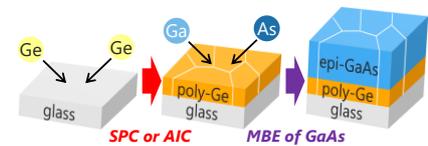


Fig. 1. Experimental procedure of the samples in Groups A–D using SPC- and AIC-Ge seed layers.

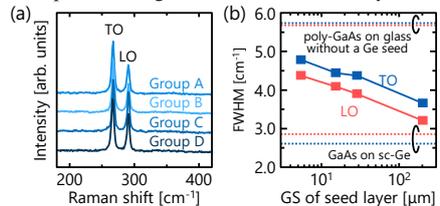


Fig. 2. (a) Raman spectra and (b) FWHMs of the Raman peaks of the samples in Groups A–D. Data for GaAs layers grown on Ge substrate and glass without Ge seed layer are shown for comparison.

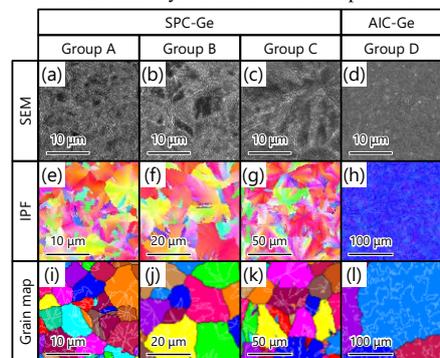


Fig. 3. (a)–(d) SEM images, (e)–(h) crystal orientation, and (i)–(l) grain maps of the samples in Groups A–D. The black solid lines show random grain boundaries surrounding the grains and the white solid lines show twin boundaries.

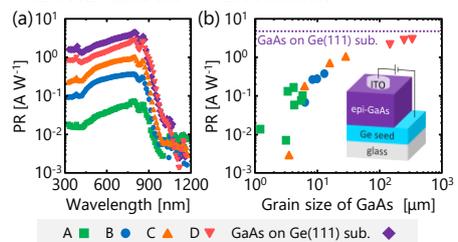


Fig. 4. (a) Photoresponsivity of the samples in Groups A–D, where the bias voltage is 0.3 V. (b) Maximum photoresponsivity values for each spectrum as a function of grain size. The data for GaAs on a Ge substrate are shown for comparison.